Aus dem Hygienischen Institut der Universität Tübingen
Vorstand: Prof. Dr. K. Wolf

Versuche über die Möglichkeit der Instrumenten-Sterilisation mit Formaldehyddämpfen in der ärztlichen und zahnärztlichen Praxis

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen
vorgelegt

von

Elisabeth Hägele
aus Stuttgart

Druck der Buchdruckerei Eugen Göbel in Tübingen
Verlag Franz Pietzcker, Tübingen
1933.

Zum Druck genehmigt von der Medizinischen Fakultät Tübingen

Dekan: Prof. Dr. W o l f

Berichterstatter: Priv.Doz. Dr. S a l e c k

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Die zur Zeit allgemein übliche Sterilisationsmethode ärztlicher und vieler zahnärztlicher Instrumente besteht in 5—10 Min. langem Auskochen derselben in 1 %iger Sodalösung. Dieses schon im Jahre 1891 von Schimmelbusch (9) aufgestellte Verfahren genügt gerade noch zur Abtötung von Milzbrandsporen, nicht aber zur völligen Entkeimung, da die sehr widerstandsfähigen Erdbazillensporen auf diesem Wege häufig nicht abgetötet werden. Für die Praxis hat die Sterilisation durch Auskochen den außerordentlichen Vorteil, daß der Arbeitsvorgang sehr einfach und vor allem mit ganz geringen Unkosten verbunden ist. Diese Methode ist daher bis jetzt die eigentlich allein brauchbare für die Praktiker. Aber diese Vorzüge werden aufgewogen durch den bedenklichen Nachteil, daß die Entkeimung nur unvollständig ist. Auf diesen Mangel hat vor allem in neuester Zeit Konrich (5 b) nachdrücklichst hingewiesen. Er fand, daß Erdbazillensporen, deren Infektiosität für den Menschen zwar nicht bewiesen sei, aber auch nicht abgeleugnet werden könne, den strömenden Dampf über 17 Stunden noch aushalten können. Dagegen wurden nach seiner Untersuchung diese Sporen durch Dampf von 1 Atm. Überdruck nach 5 Minuten abgetötet. Er schlägt daher aus Sicherheitsgründen die Sterilisation von Verbandstoffen und auch ärztlichen Instrumenten mit Dampf von 1 Atm. Überdruck bei einer Dauer von 15 Minuten vor. Aus diesem Grunde werden in vielen Kliniken, z. B. auch in der Tübinger Chirurgischen Klinik, die dort verwendeten Instrumente jetzt in Dampfkesseln mit 1 Atm. Überdruck in 20 Minuten sterilisiert. Dadurch wird völlige Entkeimung erreicht. Für den praktischen Arzt oder Zahnarzt ist aber die Anschaffung und der Betrieb einer solchen Anlage viel zu kostspielig. Außerdem ist es garnicht gestattet, solche Apparate in Privatwohnungen aufzustellen. Auch in den Kliniken ist die Aufstellung der polizeilichen Genehmigung unterworfen. Damit ist die allgemein praktische Verwendungsmöglichkeit schon stark eingeschränkt.

Schon früher wollte man das Auskochen von Instrumenten, von denen scharfes Schneiden gefordert wird, vermeiden, da die Schärfe durch das Auskochen beeinträchtigt wird. Um dem abzuhelfen, wurde versucht, mit Heißluft zu sterilisieren. Diese ist aber ein viel schlechteres Sterilisationsmedium als der Dampf. Koch und Wolff-

hügel (4) fanden durch Versuche mit Desinfektionsapparaten, daß sporenfreie Bakterien in heißer Luft mit einer Temperatur von wenig über 100° C erst bei einer Dauer von 1½ Stunden, dagegen Bazillensporen erst durch dreistündigen Aufenthalt in heißer Luft von 140° C vernichtet werden. Konrich (5a) tötete Staphylokokken durch einfache heiße Luft von 80° C in 8—10 Stunden ab, während Lange (6) in exakten Versuchen diese bei 110° C in 1—2 Stunden, bei 120° C in 30 Minuten, Milzbrandsporen bei 120° C in 2 Stunden, bei 140° C in 1 Stunde vernichtete. Glasgegenstände werden heute im Heißluftsterilisator in 1½—2 Stunden bei etwa 140° C keimfrei gemacht. Zwischen reinem Dampf und reiner Luft stehen Gemische beider. Ihre Sterilisationswirkung hängt von den Prozenten des darin befindlichen Dampfes ab.

Feuchte Heißluft empfiehlt Schumburg (11) für dampfempfindliche Gegenstände wie Leder, Pelze. Er hält 1 Stunde bei 100° C und 55—65 % relativer Feuchtigkeit gegen vegetative Keime für ausreichend, während Xylander (13) Staphylokokken bei 95 ° C und 60 % relativer Feuchtigkeit in 1—2 Minuten schon tötete. Mit sporenhaltigem Material wurden aber bei dieser Heißluftdampfsterilisation mit kleinen Apparaten zur Instrumentensterilisation keine Versuche gemacht, da dies von vornherein als erfolglos angesehen wurde. Diese Methoden werden nur bei großen Desinfektionsapparaten verwendet.

Um die durch hohe Temperaturen verursachten Beschädigungen vieler Gegenstände zu vermeiden, wird in der Großdesinfektion noch mit Unterdruckapparaten gearbeitet. Zur Verstärkung der desinfizierenden Wirkung des Wasserdampfes wird Formaldehyd zugegeben. Vor allem sind hier die Versuche von Kister und Trautmann (3) zu nennen, die mit dem von ihnen konstruierten Hamburger Apparat ausgeführt wurden. Trautmann benützte Sporenfäden von 2 und 8 Min. Resistenz gegen strömenden Dampf. Die ersteren vernichtete er in 1 Stunde mit 2 %igem Formaldehyd bei 80° C und 400 mm Vakuum, von den letzteren waren 6 tot, 2 zeigten noch Wachstum. Xylander prüfte mit Milzbrandsporen von 4½ Min. Dampfresistenz nach, die er auf 1 qcm große Leinwandstreifen brachte. Sämtliche Proben waren bei 70° C, 450 mm Vakuum mit 10 %igem Formaldehyd in 2 Stunden abgetötet.

Am Rubner-Apparat, der mit höherem Formaldehydgehalt und geringerer Druckerniedrigung arbeitet, fanden Sobernheim und Seligmann (12), daß bei 60—65° C, 580—600 mm Vakuum und 8% Formaldehyd Staphylokokken in 1 Stunde, Milzbrandsporen dagegen in 1½ Stunden getötet wurden.

Weitere Versuche, mit Formaldehyd zu sterilisieren, sind noch öfters gemacht worden.

Oppler (8) sterilisierte elastische Katheter und mit Reinkulturen

von Staphylokokken und Milzbrandbazillen u. a. infizierte Seidenfäden in einem Blechkasten von 8000 ccm Rauminhalt bei Zimmertemperatur. Er legte 6 käufliche Formalinsteine — mit Formalin getränkte Kieselgursteine — in den Kasten und bekam nach 14 Stunden in allen Versuchsreihen vollständige Sterilität. Wurden 15 ccm Formalin verwendet, die er in einem offenen Schälchen in den Kasten stellte, so wurde nach 6 Stunden Keimfreiheit erzielt. Der Formaldehyd entsprach ungefähr 0,2 % des Rauminhaltes. Katzenstein (2) sterilisierte in einem zweiteiligen Apparat. Dieser bestand aus einem Formaldehyddampfentwicklungsraum von 17 cm Länge, 11 cm Breite und 2,5 cm Tiefe; er wurde durch Gasflammen auf 70° C bzw. 80° C erwärmt. Auf seinen Boden wurden ungefähr 3 g Polyoxymethylen (polymerisierter Formaldehyd) gelegt. Ein zweiter Kasten mit denselben Massen, aber 45 cm lang, schloß sich an den ersteren an. Er diente zur Aufnahme von Kathetern, die auf Hülsen aufgeschraubt wurden. In diesem zweiten Kasten war die Temperatur durchschnittlich 40° C geringer. Bei 60 ° C im Formaldehyddampfentwickler erhielt Katzenstein nach 2½ Stunden keimfreie Katheter. Trieb er die Formaldehyddämpfe durch den Katheterkasten, so erhielt er bei 80° C im Entwickler nach 10 Minuten schon Sterilität, für Ureterkatheter nach 20 Minuten.

Diese Methode ist aber deshalb sehr problematisch, weil Formaldehyd nur dann wirksam ist, wenn genügend Feuchtigkeit in dem betreffenden Raum vorhanden ist, wozu so gut wie immer Wasserdampf besonders entwickelt werden muß.

Schlesinger (10) benützte einen Kasten für Instrumente, in dessen Boden Behälter eingeschraubt waren, die er mit Kieselgurpastillen anfüllte. Diese waren mit 40 %igem Formalin getränkt und gaben den Formaldehyd in Gasform ab. Seidenfäden, an die teils Staphylokokken, teils Milzbrandsporen angetrocknet waren, wurden bei Zimmertemperatur in 1—1¼ Stunden bzw. 3—4 Stunden steril. Messer und Scheren mit dickem Belag waren nach 3 Stunden, Seidenfäden, die in lockere Watte gelegt waren, erst nach 10—12 Stunden steril. Die Schärfe der Messer war auch nach 8 tägigem Aufenthalt im Kasten nicht verändert worden. Die Instrumente mußten aber trocken und sauber eingelegt werden, da sie sich sonst mit Rost überzogen und eine Fixation des Formaldehyds eintrat, die schwer zu entfernen war. Von da ab wurde dieser Kasten zur Messersterilisation benutzt, die in 3 Stunden vollständig war.

v. Esmarch (1) machte Versuche an einem Zylinderkessel aus Eisenblech von 42 cm Höhe und 10 cm Durchmesser, in den unten die verschiedenen Formaldehydkonzentrationen eingebracht wurden. Die Testobjekte — Seidenfäden, an die Milzbrandsporen angetrocknet waren — wurden auf Drahtgeflechte gelegt. Diese Testobjekte zeigten

nach der Einwirkung eines Dampfluftgemisches von 75° C nach 5, 10, 15 Minuten noch Wachstum. Bei einem Zusatz von 1 % Formaldehyd war nach 2 Minuten noch nicht, nach 3 Minuten jedoch Alles abgetötet, bei 70° C nach 5 Minuten, bei 60° C nach 10 Minuten, während bei 50° C nach 30 Minuten sich noch Wachstum zeigte.

In einem Koch schen Laboratoriumsdesinfektionsapparat mit mehreren Aufsätzen waren Milzbrand- und Aureuspakete in Rocktaschen bei 70° C nach 45 Minuten abgetötet, bei 78—80° C und 2 % Formaldehyd nach 30 Minuten.

In einem zweiten Eisenblechzylinder von 80 cm Höhe, 31 cm Durchmesser waren die Milzbrandsporen bei 4 % Formaldehyd und 70° C in 60 Minuten meist nicht tot. Auch bei einem Vakuum von 500—650 mm, 75° C und 1—2—4% Formaldehyd waren die in Flanelldecken eingewickelten Milzbrandsporen erst nach 1 Stunde vernichtet.

Trautmann und Kister (3) fanden bei einer Nachprüfung für an Seidenfäden angetrocknete Staphylokokken eine Einwirkungszeit von 30 Minuten mit 1 % Formaldehyd bei 75° C und 450—520 mm Vakuum zur Abtötung.

Kleine Apparate werden hier in der Hauptsache von Friseuren gebraucht zur „Sterilisation" von Haarkämmen, Rasierpinseln, Haarbürsten und dgl.

In der ärztlichen Praxis teilweise eingebürgert hat sich der Formaldehyd für die Sterilisation von Instrumenten nur für die Katheter und Cystoskope.

Die anderen Formaldehydapparate scheinen bei den Ärzten keinen Anklang gefunden zu haben. In der zahnärztlichen Praxis wird Formaldehyd zur Instrumentensterilisation bisher überhaupt nicht verwendet. Und doch wäre gerade hier ein reiches Feld für diese Art der Sterilisation bei zahnärztlichen Instrumenten, die Wasser- oder Dampfbehandlung schlecht vertragen. Der unmerkliche Formaldehydniederschlag an den Instrumenten würde den Patienten sicher nicht schaden, da Mundschleimhaut und Zähne gegen so geringe Mengen unempfindlich sind.

Die Versuchsbedingungen für die Sterilisation mit Formaldehyd in einem kleinen Apparat haben sich insofern geändert, als anstelle der Heizung mit Gas jetzt elektrische Heizung angewendet werden kann, wodurch der Apparat mit nur wenig Flüssigkeit beschickt werden kann, ohne daß befürchtet werden muß, daß er durchbrennt. Es dürfte also der Mühe wert sein, unter diesen Gesichtspunkten neue Versuche mit Formaldehyd als Hilfsmittel zur Instrumentensterilisation zu machen. Außerdem erscheint es von Wichtigkeit, die Brauchbarkeit für den Friseur zu prüfen. Sonst werden sehr leicht Haar- und Hautkrankheiten übertragen, da ja die im Formaldehydapparat gewesenen Gegenstände in gutem Glauben an ihre „Sterilität" benützt werden.

Eigene Versuche.

Für meine eigenen Untersuchungen wurde mir der folgende, ganz einfache Apparat zur Verfügung gestellt. In einem 42 cm langen, 21 cm hohen und 21 cm breiten Blechkasten befinden sich 6 durchlöcherte Schalen, je 40 cm lang und 15 cm breit, die auf Schienen eingeschoben werden. Eine 7. Schale, die nicht durchlöchert ist und knapp über dem Boden des Apparats eingeschoben wird, dient zur Aufnahme des Formaldehyds. Geheizt wird der Apparat mit elektrischen Heizschlangen. Als Betriebstemperatur sind 60° C angegeben. Diese Temperatur wird nach ungefähr 10 Minuten erreicht. Die vordere Seite des Apparats ist aufklappbar zum Herausnehmen der Schalen. Ein Thermometer, das in den Vorderteil hineinragt, zeigt die jeweilige Temperatur an. Diese steigt maximal auf 70° C und fällt wieder bis 56° C. Sie schwankt also dauernd zwischen 56° C und 70° C, so daß sie, wie oben angegeben, etwa durchschnittlich 60° C beträgt.

Für die Versuche wurden Erdbazillensporen benutzt, die durch Überimpfen einer Erdbazillenreinkultur auf Weizengriesagar nach 2tägigem Aufenthalt im Brutschrank bei 37° C und wieder 2tägigem Stehenlassen im Dunklen bei Zimmertemperatur gewonnen wurden. Sie wurden je nach den Versuchsbedingungen zu einer mehr oder weniger dichten Emulsion aufgeschwemmt und diese durch ein steriles Leinwandläppchen filtriert. Dadurch wurde die Aufschwemmung möglichst gleichförmig, ohne große Häufchen von Sporen und ohne Nährbodenteilchen. In das Filtrat wurden sterile Seidenfäden ½ bis ¾ Stunden gelegt, damit sie gut durchtränkt wurden. Dann wurden die infizierten Seidenfäden in sterile Petrischalen gebracht und im Exsiccator über konzentrierter Schwefelsäure getrocknet. Diese so an Seidenfäden angetrockneten Erdbazillensporen dienten als Testobjekte. Die Erdbazillensporen hatten eine Resistenz gegen strömenden Dampf von über 3 Stunden. Ferner wurden für die Versuche Milzbrandsporen verwendet, die auf dieselbe Weise gewonnen wurden, und zuletzt noch eine frisch aus Eiter gezüchtete Reinkultur von Staphylococcus pyogenes aureus. Seidenfäden wurden benützt, um auch die Tiefenwirkung, die bei Rasierpinseln usw. eine Rolle spielt, prüfen zu können.

Von den 6 durchlöcherten Schalen wurden bei den Versuchen nur 3 benützt, die oberste, unterste und die mittlere. Zuerst waren die unbenützten bei den Versuchen im Apparat belassen, später aber entfernt worden. Die unterste Schale hatte von der undurchlöcherten, Formaldehyd enthaltenden Schale 2 cm, die mittlere 7,5 cm und die oberste 12,5 cm Abstand. Quer über diese drei Schalen wurden nun parallele Seidenfadenpaare, ein Paar über die Mitte jeder Schale und je eines wieder in der Mitte der dadurch entstandenen Hälften jeder Schale, also 3 Paare auf jeder einzelnen Schale, gespannt. Die zwei

Fäden der einzelnen parallelen Seidenfadenpaare hatten einen Abstand von ungefähr 1,5 cm. Auf die Mitte dieser gespannten Fäden wurden nun quer darüber die ungefähr 2,5 cm langen infizierten Seidenfäden gelegt, damit sie nur mit der Luft und nicht mit dem stark wärmeleitenden Metall in Berührung waren. In die 7. undurchlöcherte Schale am Boden kam die für den Versuch jeweils vorgesehene Formaldehydkonzentration in einer Menge von 10 ccm. Zur Verfügung stand 40%iges Formalin, das nun je nach Bedarf mit destilliertem Wasser in einem Meßglas verdünnt wurde. Diese 10 ccm Lösung verdunsteten während der Versuche kaum zur Hälfte. Der Apparat wurde an die gewöhnliche elektrische Leitung angeschlossen, die Versuchszeit von dem Moment ab gerechnet, wo das Thermometer 60° C zeigte. Nach Ablauf der Versuchszeit wurden die Schalen herausgezogen und die Seidenfäden mit einer sterilen Platinöse in Röhrchen mit Bouillon gebracht, darauf diese in den Brutschrank gestellt, wo sie 10 Tage blieben, wenn sie nicht vorher Wachstum zeigten. Aus den Röhrchen mit Wachstum wurden zur Identifizierung der Keime Proben entnommen, nach Gram gefärbt und mikroskopisch untersucht. Da erfahrungsgemäß nur außerordentlich wenig Formaldehyd an der Oberfläche der Seidenfäden haften bleibt, erübrigte sich das vorherige Abspülen der Fäden in sterilem Wasser.

Um das Verhalten der Maximaltemperaturen an den Stellen, wo sich Seidenfäden befanden, festzustellen, wurden in die Schalen unter die Seidenfäden Maximalthermometer gelegt.

Die Versuche wurden mit 40 %igem Formaldehyd und einer Versuchsdauer von ½,¾, 1 Stunde begonnen, dieselbe Versuchsreihe wiederholt mit 20 %igem Formaldehyd. Alsdann wurde mit einer Versuchsdauer von 1 Stunde die Wirkung verschiedener anderer Konzentrationen untersucht. Es zeigte sich, daß Zeiten unter 1 Stunde zu kurz für Erdbazillensporen waren. Die Konzentrationen wurden immer mehr verringert auf 10; 7,5; 5 bis 2,5 %iges Formaldehyd herunter. Es wurde selbstverständlich angestrebt, mit möglichst geringer Konzentration Erfolg zu erzielen, um Geruchsbelästigung zu vermeiden, die bei den stärkeren Konzentrationen sich bemerkbar machte. Sonst wäre die Verwendung des Apparats im Sprechzimmer selbst unmöglich. Eine wesentliche Geruchsbelästigung fand nicht mehr statt bei einem Formaldehydgehalt von 10 % an abwärts.

Um möglichst Zufallsergebnisse auszuschalten, wurde jeder Versuch dreimal wiederholt. Um die Lokalisation der einzelnen Testfäden im Apparat bei den Versuchen eindeutig angeben zu können, wurde für alle Protokolle folgende einheitliche Bezeichnung verwendet:

a = obere Schale vorne
b = obere Schale Mitte

c = obere Schale hinten
d = mittlere Schale vorn
e = mittlere Schale Mitte
f = mittlere Schale hinten
g = unter Schale vorne
h = unter Schale Mitte
i = untere Schale hinten
k = Kontrolle.

Versuchsergebnisse.

Tabelle I. 1. Versuchsreihe *).

	Formaldehyd %	Versuchsdauer	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k
1.	40	1 Stunde	3	3	3	3	—	3	—	—	—	1
	40	1 „	—	3	3	—	—	—	—	—	—	1
	40	1 „	2	2	2	—	—	4	—	—	—	1
	40	3/4 Stunden	3	3	3	—	—	5	—	—	—	1
	40	1/2 Stunde	2	2	2	—	—	2	—	—	—	1
2.	20	1 „	2	2	—	—	—	—	—	—	—	1
	20	1 „	2	2	2	2	2	—	—	—	—	1
	20	1 „	2	2	2	2	2	—	—	—	—	1
	20	3/4 Stunden	—	3	—	—	—	—	—	—	—	1
	20	1/2 Stunde	3	3	3	—	—	—	—	—	—	1
3.	10	1 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
	10	1 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
	10	1 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
4.	7,5	1 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
	7,5	1 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
	7,5	1 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
	7,5	1 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
	7,5	1/2 „	2	—	—	—	—	—	—	—	—	1
5.	5	1 „	—	—	—	4	—	—	—	—	—	1
	5	1 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
	5	1 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
	5	1 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
	5	1/2 „	2	—	—	—	—	—	—	—	—	1
	5	1/2 „	2	2	2	2	—	2	—	—	—	1
	5	1/2 „	2	2	2	—	—	—	—	—	2	1
6.	2,5	1 „	—	3	—	—	—	—	—	—	—	1
	2,5	1 „	2	2	—	—	—	—	—	—	—	1
	2,5	1 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
	2,5	1/2 „	4	—	—	—	2	2	—	2	2	1

*) In allen Tabellen gibt die Zahl die Anzahl der Tage an, nach denen Wachstum eingetreten ist.

Überblickt man diese 1. Versuchsreihe, so ergibt sich, daß die besten Erfolge bei einstündiger Einwirkung von 10 %igem und von 7,5 %igem Formaldehyd erzielt werden. Hier sind sämtliche Testfäden steril. Auch die 1stündig angewendete 5 %ige Lösung ist nicht schlecht, denn es kann doch wohl angenommen werden, daß der d-Faden bei dem einen Versuch durch irgend einen Zufall, vielleicht durch nachträgliche Infektion, nicht steril geworden ist. Dagegen sind 40 %ige und 20 %ige, wie auch 2,5 %ige Formaldehydlösungen nicht so wirksam. Es fällt aber noch eine andere Erscheinung auf, die beachtenswert ist. Die Fäden g, h und i, die in der untersten Siebschale liegen, sind bei sämtlichen 1 Stunde dauernden Versuchen steril geworden, ebenso die Fäden d, e, f auf der mittleren Schale, ausgenommen der eine oben schon erwähnte d-Faden bei 5 %igem Formaldehyd. Bei ½stündiger Sterilisation sind auch bei 7,5 %iger Formaldehydkonzentration diese Fäden steril geworden. Auffallend ist, daß die höchsten Konzentrationen: 40 %ige und 20 %ige, die schlechtesten Ergebnisse liefern. Sobald die Formalinkonzentration oder die Zeit der Sterilisation gesenkt werden, sind am frühesten die Fäden der obersten Schale benachteiligt. Als Ursache dieser auffallenden Verschiedenheit in dem Ergebnis zwischen der oberen und der mittleren Siebschale, vor allem aber zwischen der oberen und der unteren kommen zwei Möglichkeiten in Betracht:

1. Die Temperatur im Apparat ist nicht gleichmäßig, sie ist oben niedriger als unten.

2. Der gasförmige Formaldehyd hat sich nicht gleichmäßig ausgebreitet, so daß die Konzentration des Gases unten und in der Mitte größer ist als oben.

Der Vergleich der Maximaltemperaturen (s. Tabelle II) schließt die erste Annahme aus. Die Verschiedenheit der Versuchsergebnisse kann nur damit erklärt werden, daß sich die Formaldehyddämpfe am dichtesten unten und dann, an Konzentration abnehmend, nach oben zu ausbreiten.

Tabelle II.

Maximaltemperaturen bei 1 Stunde Versuchsdauer bei 60° C

a	b	c	d	e	f	g	h	i
74	74	73 5	69	71,5	69	66	73,5	74
74	75	74	68	70	70	66	73,5	69
74	74	74	70	76	76	63	68	70
75	76	75	70	76,5	75,5	65	65	70
74	74	75	68	75	75,5	65	68	70

Nachdem so mit den schon sehr widerstandsfähigen Erdbazillensporen in wiederholten Versuchen ganz gute Ergebnisse erzielt waren,

wurden die Versuchsbedingungen dadurch noch verschärft, daß Komposterde, die ja sehr viele widerstandsfähige Sporen enthält, als Testobjekt angewendet wurde, denn es ist nach den Versuchen von K o n r i c h (5 b) bekannt, daß die Sporen in natürlichem Zustand am widerstandsfähigsten sind, während bei der künstlichen Züchtung bereits Abschwächung eintritt. Die Komposterde wurde beim Gärtner geholt, fein gesiebt und ordentlich getrocknet. Für die Versuche wurden erbsengroße Häufchen auf sterile viereckige Papierstückchen gebracht und diese wieder auf die gespannten Fäden an die gleichen Stellen gelegt, wie vorher die infizierten Seidenfäden. Nun wurden die Konzentrationen verwertet, die sich in der I. Versuchsreihe als die besten ergeben hatten, nämlich 10; 7,5; 5 %ige Lösungen.

Tabelle III. 2. Versuchsreihe.

Formaldehyd %	Versuchsdauer	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k
1. 40	1 Stunde	—	3	3	—	—	—	—	—	—	1
40	1 „	2	2	2	2	—	2	—	—	—	1
2. 20	1 „	2	2	2	2	2	—	—	—	—	1
20	1 „	4	4	4	4	4	—	—	—	—	1
3. 10	1 „	2	2	2	2	2	2	—	—	-	1
10	1 „	3	3	—	—	3	—	—	—	—	1
10	1 „	2	2	—	—	—	—	—	—	—	1
10	1 „	3	3	—	3	—	—	—	—	--	1
4. 7,5	1 „	3	3	3	3	3	--	10	3	—	1
7,5	1 „	—	2	2	—	2	—	—	—	—	1
7,5	1 „	3	3	3	—	3	—	—	—	—	1
5	1 „	3	3	3	3	—	—	—	—	—	1
5	1 „	3	3	—	3	3	3	—	3	3	1
5	1 „	3	3	3	3	—	—	—	—	—	1
5	1 „	3	3	—	3	3	—	—	—	-	1

Die Ergebnisse sind in der Tabelle III niedergelegt. Man sieht sofort, daß diese hier erheblich schlechter sind. Dies liegt aber nicht nur an der erheblich stärkeren Resistenz der dabei benützten Sporen, sondern es kommt noch eine zweite Ursache hinzu. Formaldehyd wirkt, wie ja durch viele Untersuchungen bekannt ist, rein oberflächlich. Es ist somit ohne weiteres denkbar, daß so und so viele Sporen durch die sie umgebende Erde der Formaldehydwirkung entzogen werden. Wenn man diesen neuen Gesichtspunkt berücksichtigt, so kann man noch mit dem Ergebnis dieser Versuche zufrieden sein. Die 10 %ige Formaldehydlösung wirkt hier am sichersten. Wieder ist es die unterste Schale, die am besten abschneidet. Daß die höhere Konzentra-

tion diesmal dort am besten wirkt, wird wohl daran liegen, daß eine größere Menge von Formaldehyd zur Einwirkung kommen konnte und dieser nach anfänglicher Oberflächen-Adsorption doch tiefer eindringen konnte, ohne erschöpft zu sein. In der oberen Schale haben sich die Verhältnisse bei den stärkeren Konzentrationen nicht geändert, bei den schwächeren sind sie schlechter geworden.

Nach diesen Erfahrungen mit der Komposterde wurden für eine dritte Versuchsreihe erneut Erdbazillensporen genommen, diesmal aber wurde die Aufschwemmung ganz dicht und zwar nur mit wenig Kondenswasser hergestellt. Die Ergebnisse dieser Versuche zeigt Tabelle IV.

Tabelle IV. 3. Versuchsreihe.

Formaldehyd %	Versuchsdauer	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k
1. 10	1 Stunde	3	3	3	3	3	3	3	3	—	1
10	1 „	2	2	2	2	2	—	—	2	—	1
2. 7,5	1 „	2	2	2	—	2	—	—	2	—	1
7,5	1 „	2	2	3	—	2	3	—	2	—	1
3. 5	1 „	2	2	3	3	—	—	—	—	—	1
5	1 „	2	2	2	2	2	—	—	—	—	1

Die Erschwerung der Versuchsbedingungen spiegelt sich in dem Ergebnis wieder. Es ist nicht mehr so gut wie in der ersten Versuchsreihe. Am besten wirkt die 5 %ige Lösung. Die Gründe für die schlechte Wirkung sind dieselben, wie bei der Komposterde: die oberflächlichen Sporen waren alle abgetötet, die am tiefsten liegenden nicht. Außerdem macht sich die Verwendung des Kondenswassers bemerkbar, denn dieses enthält beim Weizengriesagar leimartige Stoffe, die die Sporen umhüllen und der Oberflächenwirkung des Formaldehyds entziehen können. Die Tiefenwirkung dieser Art von Sterilisation ist demnach sehr unbedeutend.

Nun bestand noch die Möglichkeit, mit einer Verlängerung der Sterilisationsdauer bessere Erfolge zu bekommen. Die Erdbazillensporen wurden deshalb 1½ Stunden im Apparat belassen.

Die Resultate (s. Tabelle V) sind nun wesentlich besser geworden. Bei 10 %igem Formaldehyd sind in 2 Versuchen von 18 Röhrchen 5, bei 5 %igem 12 und bei 7,5%igem sogar 16 Röhrchen steril geblieben. Bei einem Versuch mit 7,5 %iger Lösung wurde sogar vollständige Sterilität erzielt.

Von einer weiteren Verlängerung der Sterilisationsdauer wurde abgesehen, da sie für die Praxis nicht in Frage kommt.

2 Versuche mit Milzbrandsporen, die aus Reinkulturen gewonnen,

Tabelle V. 4. Versuchsreihe.

	Formaldehyd %	Versuchsdauer	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k
1.	10	1½ Stunden	2	2	2	2	2	—	—	—	—	1
	10	1½ „	2	2	4	4	2	2	2	—	2	1
2.	7,5	1½ „	2	2	—	—	—	—	—	—	—	1
	7,5	1½ „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
3.	5	1½ „	2	2	2	2	—	—	—	—	—	1
	5	1½ „	2	2	—	—	—	—	—	—	—	1

ebenfalls an Seidenfäden angetrocknet waren, ergaben schlechte Resultate bei einer 7,5 %igen Formaldehydlösung und 1 und 1½ Stunden Versuchszeit. Nur 2 Röhrchen der untersten Schale waren steril geblieben, die anderen zeigten mikroskopisch Milzbrandbazillen. Der Grund für diesen Mißerfolg sind mit allergrößter Wahrscheinlichkeit dieselben Ursachen wie die bei den Ergebnissen der Tabelle IV. beschriebenen. Sie können nicht in der erhöhten Sporenresistenz liegen, die nach unseren Erfahrungen für den Stamm etwa 8 Minuten gegen strömenden Dampf beträgt.

Als vegetative Bakterienform wurde in einer fünften Versuchsreihe noch Staphylococcus pyogenes aureus benutzt. Die Zeit von 10, 20, 30, 40 Minuten reicht nicht, an allen Stellen des Apparats diese ab-

Tabelle VI. 5. Versuchsreihe.

	Formaldehyd %	Versuchsdauer	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k
1.	2,5	10 Minuten	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2,5	20 „	1	1	1	1	1	1	1	—	—	1
2.	7,5	20 „	1	1	1	1	1	—	1	1	—	1
3.	7,5	30 „	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1
	7,5	30 „	1	—	—	1	1	—	—	—	—	1
	7,5	30 „	1	—	—	1	—	—	1	—	—	1
4.	7,5	40 „	1	1	1	1	1	—	—	1	—	1
	7,5	40 „	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1
	7,5	40 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
5.	7,5	50 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
	7,5	50 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
	7,5	50 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
6.	7,5	60 „	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1

zutöten, wenn auch nach 40 Minuten nur noch wenig Röhrchen Wachstum zeigen. Dagegen bleiben bei 50 und 60 Minuten die Röhrchen steril und zwar in 4 Versuchen sämtliche. Die Formaldehydkonzentration betrug dabei 7,5 % (s. Tabelle VI).

Aus der naheliegenden Erwägung heraus, daß eine höhere Temperatur noch bessere Resultate liefern und die Sterilisationszeit abgekürzt werden könnte, wurde ein zweiter Apparat, mit dem die Temperatur von 100° C erzielt werden konnte, gebaut, da dies ja in technischer Hinsicht keine Schwierigkeiten bot.

Die Temperatur während der Versuchszeit schwankte wiederum, und zwar jetzt zwischen 90° C und 110° C. Bis die Temperatur von 100° C erreicht wurde, vergingen wie beim ersten Apparat etwa 10 Minuten. Die Maximaltemperaturen stehen in folgender Tabelle VII:

Tabelle VII.

obere Schale	104	106	106	107	104	103
mittl. „	108	109	108	94	97	97
untere „	96	101	100	101	102	102
	vorne	Mitte	hinten	vorne	Mitte	hinten

Der neue Apparat ist etwas kleiner gebaut als der erste, hat überhaupt nur 3 durchlöcherte Schalen und das Türchen vorne ist mit Asbest luftdicht abzuschließen. Die Länge beträgt 32 cm, die Breite 19 cm und die Höhe 16 cm. Die Schalen sind 28 cm lang, 13,5 cm breit. Die unterste Schale ist vom Formaldehydschälchen, das diesmal nur 4 cm breit und 8,5 cm lang ist, 2,5 cm, die mittlere Schale 5,5 cm und die oberste 8,5 cm entfernt. Die Heizung ist dieselbe wie am ersten Apparat. Ich verwertete dieselben Konzentrationen, die sich in der ersten Versuchsreihe als die besten ergeben hatten, nämlich 10; 7,5; 5 und 2,5 %ige Lösungen. Als Testkeime wurden wiederum Erdbazillensporen benützt.

Das Ergebnis ist ganz unerwartet (s. Tabelle VIII). Sämtliche Röhrchen zeigen nach der Versuchszeit von 1 Stunde Wachstum, mikroskopisch untersucht Erdbazillen. Bei Wiederholung der Versuche bleibt dasselbe Ergebnis bestehen. Von 49 Röhrchen aus 7 Versuchen sind nur 7 steril. Diese stammen wiederum aus der untersten Schale.

Der Sterilisationseffekt mit diesem Apparat war so schlecht, daß von weiteren Versuchen abgesehen wurde.

Die Folgerungen, die aus den Ergebnissen dieser Versuche insgesamt gezogen werden müssen, sind folgende:

Die Sterilisation mit einem Gemisch von Formaldehyd, Wasserdampf und Luft kann mit dem mit einigem Erfolg angewendeten Apparat mit 60° C Durchschnittstemperatur dann durchgeführt wer-

Tabelle VIII. 6. Versuchsreihe.

	Formaldehyd %	Versuchsdauer	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k
1.	10	1 Stunde	3	2	3	3	2	3	—	8	—	1
	10	1 „	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
2.	7,5	1 „	3	2	2	2	2	2	3	2	2	1
	7,5	1 „	1	—	1	—	1	1	—	—	8	1
	7,5	3/4 Stunden	1	—	1	1	3	3	3	3	1	1
3.	5	1 Stunde	2	2	2	2	2	2	—	—	2	1
	5	1 „	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	5	3/4 Stunden	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	5	1/2 Stunde	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4.	2,5	3/4 Stunden	1	1	1	1	1	1	1	—	1	1
	2,5	1 Stunde	1	1	1	1	1	3	—	3	3	1

den, wenn genügend Zeit zur Verfügung steht und nur eine ziemlich oberflächliche Wirkung verlangt wird. Dies dürfte der Fall sein bei Instrumenten, die in großen Mengen vorrätig sind oder nur selten gebraucht und vor allem bei der Benützung nicht mit pathogenen Keimen infiziert werden. Diese können so am Ende der ärztlichen bzw. zahnärztlichen Sprechstunde in Ruhe nach guter Reinigung sterilisiert werden. Vielleicht kann aus der Erfahrung, daß in der untersten Schale die Sterilisationswirkung am besten ist, durch Verminderung der Höhe des Apparats seine allgemeine Leistungsfähigkeit erhöht werden. Der Metallkasten wurde bei den vielen Versuchen in keiner Weise von den Formaldehyddämpfen angegriffen, so daß mit Recht daraus geschlossen werden kann, daß auch Instrumente aus gutem Metall durch die Formaldehyddämpfe nicht beschädigt werden. Dagegen ist die Benützung dieses Apparats durch Friseure zur „Sterilisation“ von Rasierpinseln, Haarbürsten usw., wobei Tiefenwirkung unerläßlich ist, nicht zu empfehlen.

Zusammenfassung.

1. Von zwei Apparaten zur Sterilisation mit Formaldehyd, von denen der eine auf 60° C, der andere auf 100° C mit Elektrizität beheizt werden kann, ist unter den dieser Arbeit zugrundegelegten Versuchsbedingungen der Apparat mit 60° C Durchschnittstemperatur der geeignetere.

2. In diesem Apparat haben etwa gleich gute Wirkung die Konzentrationen von 5, 7,5 und 10 %igem Formaldehyd.

3. Erdbazillensporen werden nach 1½ Stunden, Staphylokokken nach 50 Minuten, auch wenn sie in dichtester Aufschwemmung an Seidenfäden angetrocknet sind, abgetötet.

4. Die Wirkung auf Komposterde ist nicht so intensiv, weil hier eine bedeutende Tiefenwirkung, die vom Formaldehyd nicht geleistet wird, Voraussetzung ist.

5. Gleichmäßige Sterilisierung von Komposterde, Erdbazillensporen und Staphylokokken ist in der untersten Schale, 2 cm über der Formalinlösung, in viel kürzeren Zeiten erzielt worden.

6. Aus dem letzten Ergebnis sind konstruktive Folgerungen zu ziehen.

7. Dann dürfte die Sterilisation von ärztlichen und vor allem von zahnärztlichen Instrumenten mit Formaldehyddämpfen möglich sein, denn es handelt sich dabei um gereinigte Instrumente, so daß reine Oberflächenwirkung nötig ist.

8. Für Zahnbürsten, Rasierpinsel, Haarbürsten und ähnliche Gegenstände, wo Tiefenwirkung verlangt werden muß, erscheint diese Art der Formaldehyd-Sterilisation nicht geeignet. Dagegen können gereinigte Haarkämme so sterilisiert werden.

Zum Schlusse erlaube ich mir, Herrn Prof. Dr. Wolf für die freundliche Aufnahme in seinem Institut, und Herrn Privatdozent Dr. Saleck für die Anregung zu dieser Arbeit und die mir gewährte gütige Unterstützung ergebenst zu danken.

Literaturverzeichnis.

1) v. Esmarch: Die Wirkung von Formalinwasserdampf in Desinfektionsapparaten. Hyg. Rundsch. Bd. 12. (1902) S. 961.
2) Katzenstein: Experimentelle Untersuchungen über Kathetersterilisation nebst Bemerkungen zur Asepsis des Katheterismus. Berl. klin. Wochenschr. 1900. S. 818.
3) Kister und Trautmann: COH_2-Wasserdampf nach v. Esmarch. Zeitschr. f. Hygiene. Bd. 46. (1904) S. 379.
4) Koch und Wolffhügel: Untersuchungen über die Desinfektion mit heißer Luft Mitt. a. d. Kais. Gesundh. Amt **1** (1881) S. 301.
5a) Konrich: Zur Desinfektion von Lederwaren und Büchern durch heiße Luft. Zeitschr. f. Hygiene. Bd. 71. (1912) S. 296.
5b) Konrich: Untersuchungen über die Sterilisierung von Verbandstoffen durch Dampf. A. a. d. Reichsges. Amt. Bd. 61 (1930) S. 626.
6) Lange: Desinfektion mit trockener Heißlust. Zeitschr. f. Hyg. Bd. 82. (1916) S. 327.
7) Löw: cit. aus Croner, Lehrbuch der Desinfektion. Verlag v. Dr. Werner Klinkhardt, Leipzig. S. 352. (1913).
8) Oppler: Zur Sterilisation elastischer Katheter mittels Formaldehyddämpfen. Münchn. med. Wochenschr. 1896. S. 1068.
9) Schimmelbusch: cit. aus Reichel: Desinfektions- u. Sterilisationslehre. 1. Allgemeiner und physikalischer Teil. In: Handbuch der pathogenen Mikroorganismen. Herausgeg. v. Kolle, Kraus und Uhlenhuth. Bd. III, 2. S. 930. Verlag Gust. Fischer, Urban und Schwarzenberg, III. Aufl. Jena, Berlin und Wien. 1931.
10) Schlesinger: Über Trockensterilisation mittels Formaldehyd. Arch. f. klin. Chirurgie **72.** (1904) S. 898.
11) Schumburg: Über die Desinfektionskraft der heißen Luft. Zeitschr. f. Hyg. Bd. **41.** (1902) S. 167.
12) Sobernheim und Seligmann: Über Bücherdesinfektion. Desinfektion **3.** (1910) S. 539.
13) Xylander: Die Desinfektion von Büchern mittels feuchter heißer Luft und gesättigten, niedrig temperierten, unter Vakuum strömenden Wasserdämpfen. A. a. d. Kais. Gesundh. Amt. Bd. **29.** (1908). S. 288.

Lebenslauf.

Am 26. Dezember 1910 bin ich, Elisabeth Hägele, als 3. Tochter des Assistenten Friedrich Hägele und seiner Ehefrau Johanna geb. Bebion in Stuttgart geboren. In Endersbach i. R., wohin mein Vater versetzt wurde, besuchte ich 3 Jahre die Volksschule, dann in Cannstatt 1½ Jahre die Mädchenrealschule. 1921 wurde mein Vater als Oberbahnhofsvorsteher nach Langenau OA. Ulm versetzt. Dort besuchte ich 3½ Jahre die Realschule, in Ulm 1 Jahr die Realschule und weitere 3 Jahre die Oberrealschule. Am 28. Febr. 1929 bestand ich die Reifeprüfung.

Ostern 1929 begann ich das Studium der Zahnheilkunde in Tübingen, wo ich im Februar 1930 das kleine Latinum, am Ende des Sommersemesters 1930 nach drei vorklinischen Semestern die zahnärztliche Vorprüfung ablegte. Das 1. klinische Semester absolvierte ich in Tübingen, das S.S. 1931 in München, die beiden letzten wieder in Tübingen und bestand im Herbst 1932 die zahnärztliche Prüfung.